

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 6日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-228460

[ST.10/C]:

[JP 2002-228460]

出 願 人

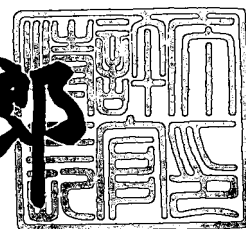
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3022014

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102181601

【提出日】 平成14年 8月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 清水 康夫

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 渡辺 勝治

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 寺田 泰浩

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100067356

【弁理士】

【氏名又は名称】 下田 容一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100094020

【弁理士】

【氏名又は名称】 田宮 寛祉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004466

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9723773

【包括委任状番号】 0011844

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構を介してステアリング系に伝達するようにした電動パワーステアリング装置において、前記ウォームギヤ機構は、前記電動モータ側のウォームに前記ステアリング系側のウォームホイールを噛合わせてなり、前記ウォームのねじ山は 1 条に設定したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】 前記ウォームを金属製品とするとともに、前記ウォームホイールを樹脂製品とし、このウォームホイールは歯厚を歯たけよりも大きく設定したことを特徴とする請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】 前記ウォームの圧力角を前記ウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電動パワーステアリング装置に関し、特に電動モータの補助トルクをステアリング系に伝達するウォームギヤ機構の改良技術に関する。

【0002】

【従来技術】

近年、ステアリングハンドルの操舵力を軽減して快適な操舵感を与えるために、電動パワーステアリング装置が多用されてきた。この種の電動パワーステアリング装置は、電動モータで操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをステアリング系のラックアンドピニオン機構に伝達するものであって、例えば特開平 9 - 3 0 4 3 2 号公報「電動パワーステアリング装置」（以下、「従来技術」と言う。）が知られている。以下、上記従来技術の概要を説明する。

【 0 0 0 3 】

図 8 (a) , (b) は従来の電動パワーステアリング装置の概要図 (その 1) であり、特開平 9 - 3 0 4 3 2 号公報の図 1 及び図 3 を再掲する。なお、符号は振り直した。(a) は従来の電動パワーステアリング装置の模式的構成を表し、(b) は従来のウォームギヤ機構の断面構成を表す。

【 0 0 0 4 】

(a) に示すように、従来の電動パワーステアリング装置 1 0 0 は、ステアリングハンドル 1 0 1 に加えた操舵トルクを操舵トルクセンサ 1 0 2 で検出し、そのトルク検出信号に基づき制御部 1 0 3 で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動モータ 1 0 4 で発生し、補助トルクをウォームギヤ機構 1 0 5 を介してピニオン軸 1 0 6 に伝達し、さらに、補助トルクをピニオン軸 1 0 6 からステアリング系 1 0 7 のラックアンドピニオン機構 1 0 8 に伝達するようにしたものである。

運転者の操舵トルクに電動モータ 1 0 4 の補助トルクを加えた複合トルクにより、ラック軸 1 0 9 で操舵車輪 1 1 1 , 1 1 1 を操舵することができる。

【 0 0 0 5 】

(b) に示すようにウォームギヤ機構 1 0 5 は、電動モータ 1 0 4 のモータ軸 1 0 4 a に形成したウォーム 1 2 1 に、ピニオン軸 1 0 6 に結合したウォームホイール 1 2 2 を嚙合させてなる。

【 0 0 0 6 】

ところで、電動パワーステアリング装置 1 0 0 のウォームギヤ機構 1 0 5 においては、ウォーム 1 2 1 のねじ山の進み角を、ねじ面の摩擦角よりも若干大きく設定してある。その理由は、ウォームホイール 1 2 2 側からウォーム 1 2 1 を回せるようにするためである。

【 0 0 0 7 】

電動モータ 1 0 4 が補助トルクを発生していないとき (停止中など) には、操舵トルクだけで操舵車輪 1 1 1 , 1 1 1 を自由に操舵できる。同時に、操舵トルクによりピニオン軸 1 0 6 、ウォームホイール 1 2 2 、ウォーム 1 2 1 及びモータ軸 1 0 4 a を介して、電動モータ 1 0 4 のロータ 1 0 4 b を回すことになる。

このような電動パワーステアリング装置 1 0 0 のウォームギヤ機構 1 0 5 は、次の図 9 に示す構成が一般的である。なお、1 1 2 はハウジングである。

【0 0 0 8】

図 9 は従来のウォームギヤ機構の概要図であり、ウォーム 1 2 1 にウォームホイール 1 2 2 を噛合させた構成を示す。

ウォーム 1 2 1 のピッチ円径は d_1 であり、ウォームホイール 1 2 2 のピッチ円径は d_2 である。ウォーム 1 2 1 は、ねじ山を 2 条に設定したものである。ピッチが p_i であるから、リード L_e は p_i の 2 倍である ($L_e = 2 \times p_i$)。ここで、「リード L_e 」とは、ウォーム 1 2 1 における、ねじ山のつる巻き線の 1 回転に対する軸方向の進み量のことである。

ウォーム 1 2 1 の圧力角並びにウォームホイール 1 2 2 の圧力角は、共に α_3 である。

【0 0 0 9】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来の技術において、電動モータ 1 0 4 が補助トルクを発生していないときに、操舵トルクは電動モータ 1 0 4 の慣性の影響や、ウォームギヤ機構 1 0 5 の噛合い抵抗の影響を受ける。このような影響はできるだけ小さいことが好ましい。

【0 0 1 0】

例えば、ウォームギヤ機構 1 0 5 は、ウォーム 1 2 1 のねじ山が 2 条であるから、第 1 のねじ山と第 2 のねじ山とが、ウォームホイール 1 2 2 の少なくとも 2 個の歯に噛合していることになる。すなわち噛合い率が 2 である。このため、理論的には噛合い変動が比較的少ない、滑らかな噛合いを期待できる。この結果、ウォームギヤ機構 1 0 5 の噛合い抵抗の影響を小さくできる。

【0 0 1 1】

しかしながら、現実には加工精度等の影響によって、ウォーム 1 2 1 に対するウォームホイール 1 2 2 の噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力に変動が生じる。特に、ウォーム 1 2 1 のねじ山が 2 条であるから、第 1 のねじ山におけるピッチ p_i の精度と、第 2 のねじ山におけるピッチ p_i の精度とを、できるだけ

均一にする必要がある。不均一であると、滑り面間の摩擦力に変動が生じて、操舵トルクに影響を及ぼす。

【0012】

このように、ピッチ p_i 、 p_i の精度の影響は大きいものであり、噛合い率を高めたことによる効果を上回ることがあり得る。操舵トルクの変動は、ステアリングハンドル 101 を円滑に操舵する妨げになるので、操舵感覚（操舵フィーリング）を高める上で、できるだけ小さいことが好ましい。

【0013】

これに対し、滑り面間の摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム 121 並びにウォームホイール 122 の加工精度を高めることが考えられる。しかし、これらの精度を単に高めるのでは管理工数が増すので、コストアップの要因となり得策ではなく、改良の余地がある。

【0014】

そこで本発明の目的は、電動パワーステアリング装置におけるウォームギヤ機構の、噛合い抵抗（摩擦力）の変動による操舵トルクの変動量を低減することで、操舵感覚をより高めることができる技術を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項 1 は、電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構を介してステアリング系に伝達するようにした電動パワーステアリング装置において、ウォームギヤ機構が、電動モータ側のウォームにステアリング系側のウォームホイールを噛合させてなり、ウォームのねじ山を 1 条に設定したことを特徴とする。

【0016】

ウォームのねじ山を 1 条に設定したので、ねじ山のピッチの精度を極めて容易に高めることができる。そして、従来の複数条にした場合のように、各ねじ山同士のピッチの精度を均一にする必要もない。従って、ウォームに対するウォームホイールの、滑り面間の摩擦力の変動による操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルをより円滑に操舵することができる。この

結果、操舵感覚をより高めることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 2 は、ウォームを金属製品とするとともに、ウォームホイールを樹脂製品とし、このウォームホイールは歯厚を歯たけよりも大きく設定したことを特徴とする。

金属製品のウォームに樹脂製品のウォームホイールを噛合わせるようにしたので、噛合いを比較的円滑にすることができ、騒音をより低減させることができる。さらには、金属製品のウォームに比べて、比較的剛性が小さい樹脂製品のウォームホイールにおける歯厚を大きく設定することで、ウォームホイールの歯の剛性を十分に確保することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 3 は、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したことを特徴とする。

ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定することによって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置を、ウォームの径内方にずらすことができる。この結果、ウォームにウォームホイールを噛合わせたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。

【 0 0 1 9 】

ここで、電動モータを操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォームで電動モータを回すトルクは、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイールに余分な回転力が加わる。余分な回転力に応じて、ウォームホイールの歯は若干の弾性変形をする。このため、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置は、ウォームの径外方に変位する。この結果、ウォームの実際の噛合いピッチ円径は大きくなる。その分、ウォームの回転力が減少する。このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォームの回転力の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイールの回転力は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。

【 0 0 2 0 】

このように、加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイールの回転力の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルを円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

【 0 0 2 1 】

しかも、ウォームに対するウォームホイールの摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム並びにウォームホイールの加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置のコストを抑制することができる。

【 0 0 2 2 】

さらには、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したので、ウォームにウォームホイールを噛合させたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。その分、ウォームの進み角は大きくなる。従って、ウォームによってウォームホイールを回す場合の伝動効率を、進み角が大きくなった分だけ高めることができる。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を添付図面に基づいて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。

図 1 は本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図であり、この電動パワーステアリング装置 1 0 は、車両のステアリングハンドル 2 1 から車両の操舵車輪（前輪） 3 1， 3 1 に至るステアリング系 2 0 と、このステアリング系 2 0 に補助トルクを加える補助トルク機構 4 0 とからなる。

【 0 0 2 4 】

ステアリング系 2 0 は、ステアリングハンドル 2 1 にステアリングシャフト 2 2 及び自在軸継手 2 3， 2 3 を介してピニオン軸（入力軸） 2 4 を連結し、ピニオン軸 2 4 にラックアンドピニオン機構 2 5 を介してラック軸 2 6 を連結し、ラック軸 2 6 の両端にボールジョイント 2 7， 2 7、タイロッド 2 8， 2 8 及びナ

ックル 2 9, 2 9 を介して左右の操舵車輪 3 1, 3 1 を連結したものである。

ラックアンドピニオン機構 2 5 は、ピニオン軸 2 4 に形成したピニオン 2 4 a と、ラック軸 2 6 に形成したラック 2 6 a とからなる。

【0 0 2 5】

運転者がステアリングハンドル 2 1 を操舵することで、その操舵トルクによりラックアンドピニオン機構 2 5 及び左右のタイロッド 2 8, 2 8 を介して、左右の操舵車輪 3 1, 3 1 を操舵することができる。

【0 0 2 6】

補助トルク機構 4 0 は、ステアリングハンドル 2 1 に加えたステアリング系 2 0 の操舵トルクを操舵トルクセンサ 4 1 で検出し、このトルク検出信号に基づき制御部 4 2 で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動モータ 4 3 で発生し、補助トルクをウォームギヤ機構 4 4 を介してピニオン軸 2 4 に伝達し、さらに、補助トルクをピニオン軸 2 4 からステアリング系 2 0 のラックアンドピニオン機構 2 5 に伝達するようにした機構である。

運転者の操舵トルクに電動モータ 4 3 の補助トルクを加えた複合トルクにより、ラック軸 2 6 で操舵車輪 3 1, 3 1 を操舵することができる。

【0 0 2 7】

図 2 は本発明に係る電動パワーステアリング装置の正面図であり、左端部及び右端部を断面して表した。この図は、電動パワーステアリング装置 1 0 のラック軸 2 6 を、車幅方向（図左右方向）に延びるハウジング 5 1 に軸方向へスライド可能に収容したことを示す。ハウジング 5 1 は、図示せぬ車体に取り付ける取付部 5 2, 5 3 を備える。3 2, 3 2 はダストシール用ブーツである。

【0 0 2 8】

図 3 は図 2 の 3 - 3 線断面図であり、ラックガイド 6 0 を備えた電動パワーステアリング装置 1 0 の縦断面構造を示す。

電動パワーステアリング装置 1 0 は、ピニオン軸 2 4、ラックアンドピニオン機構 2 5、操舵トルクセンサ 4 1、ウォームギヤ機構 4 4 をハウジング 5 1 に収納し、このハウジング 5 1 の上部開口をリッド 5 4 で塞いだものである。

ハウジング 5 1 は、ピニオン軸 2 4 の上端部、長手中央部及び下端部を、上下

3 個の軸受 5 5 ～ 5 7 を介して回転可能に支承することで、縦置きにセットしたものであり、ラックガイド 6 0 を備える。

【 0 0 2 9 】

ラックガイド 6 0 は、ラック軸 2 6 のうちラック 2 6 a を有する面の背面を押出す押圧手段であって、ラック 2 6 a と反対側からラック軸 2 6 に当てるガイド部 6 1 と、このガイド部 6 1 を圧縮ばね 6 2 （調整ばね 6 2）を介して押す調整ボルト 6 3 とからなる。

【 0 0 3 0 】

ガイド部 6 1 によって、ピニオン軸 2 4 の長手方向へのラック軸 2 6 の移動を規制しつつ、ラック軸 2 6 をその軸方向へスライド可能に支持することができる。このようなラックガイド 6 0 によれば、ハウジング 5 1 にねじ込んだ調整ボルト 6 3 にて、圧縮ばね 6 2 を介してガイド部 6 1 を適切な押圧力で押すことにより、ガイド部 6 1 でラック 2 6 a に予圧を与えて、ラック 2 6 a をピニオン 2 4 a に押し付けることができる。図中、5 8 はオイルシール、6 4 はラック軸 2 6 の背面を滑らせる当て部材、6 5 はロックナットである。

【 0 0 3 1 】

図 4 は図 3 の 4 - 4 線断面図であり、ピニオン軸 2 4 と電動モータ 4 3 とウォームギヤ機構 4 4 との関係を示す。

電動モータ 4 3 は、モータ軸 4 3 a を横向きにしてハウジング 5 1 に取付け、ハウジング 5 1 内にモータ軸 4 3 a を延したものである。

【 0 0 3 2 】

ウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 で発生した補助トルクをピニオン軸 2 4 に伝達する補助トルク伝達機構、すなわち倍力機構である。詳しく述べるとウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 のモータ軸 4 3 a にカップリング 4 5 を介して連結したウォーム軸 4 6 と、ウォーム軸 4 6 に形成したウォーム 4 7 と、ウォーム 4 7 に噛み合わせたウォームホイール 4 8 とからなる。ウォームホイール 4 8 はピニオン軸 2 4 に結合したものである。

このように、ウォームギヤ機構 4 4 は、電動モータ 4 3 側のウォーム 4 7 にステアリング系 2 0 （図 1 参照）側のウォームホイール 4 8 を噛み合わせてなる。

【 0 0 3 3 】

この図は、水平に延びるウォーム軸 4 6 の両端部を軸受 7 1, 7 2 並びに中空偏心スリーブ 7 3 を介してハウジング 5 1 にて回転可能に支承したことを示す。

7 4, 7 5 はナットである。偏心スリーブ 7 3 を回転させるだけで、ウォームホイール 4 8 に対するウォーム 4 7 のバックラッシを容易に調整することができる。

【 0 0 3 4 】

図 5 は本発明に係るウォームギヤ機構の要部拡大図であり、ウォーム 4 7 にウォームホイール 4 8 を噛合させた構成を示す。

ウォーム 4 7 は金属製品、例えば機械構造用炭素鋼鋼材 (JIS-G-4051) 等の鉄鋼製品である。ウォームホイール 4 8 は、ナイロン樹脂等の樹脂製品である。金属製品のウォーム 4 7 に樹脂製品のウォームホイール 4 8 を噛合わせるようにしたので、噛合いを比較的円滑にすることができ、騒音をより低減させることができる。

【 0 0 3 5 】

ウォーム 4 7 の歯 4 7 a の軸直角断面はほぼ台形歯形であり、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の軸直角断面はインボリュート歯形である。

このようなウォームホイール 4 8 は、歯直角平面の歯形又は軸直角平面の歯形を見たときに、歯先がインボリュート曲線となだらかに繋がるとともに、ウォームホイール 4 8 の基準ピッチ線上をほぼ中心とした円弧面を有する、歯形である。このため、歯 4 7 a, 歯 4 8 a 同士の接触を滑らかにすることができる。

従って、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の、滑り面間の摩擦力の変動による操舵トルクの変動量をより低減することができるので、ステアリングハンドル 2 1 (図 1 参照) をより一層円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより一層高めることができる。

【 0 0 3 6 】

ウォーム 4 7 のピッチ円径は $D1a$ であり、ウォームホイール 4 8 のピッチ円径は $D2$ である。本発明は、ウォーム 4 7 のねじ山を 1 条に設定したことを特徴とする。ねじ山のピッチ Pi は、上記図 9 に示す従来のウォーム 1 2 1 のリード

L e と同一である。

【 0 0 3 7 】

ウォーム 4 7 のねじ山を 1 条に設定したので、ねじ山のピッチ P_i の精度を極めて容易に高めることができる。そして、上記図 9 に示す従来の複数条にした場合のように、各ねじ山同士のピッチの精度を均一にする必要もない。従って、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の、滑り面間の摩擦力の変動による操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドル 2 1 (図 1 参照) をより円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

【 0 0 3 8 】

ところで、一般的なウォームホイールの歯厚は、ねじ山のピッチ P_i の $1/2$ 程度である。これに対して、本発明のウォームホイール 4 8 は、歯厚 t_h を歯たけ h_i (全歯たけ h_i) よりも大きく設定したものである。具体的には、歯たけ h_i に対する歯厚 t_h の割合は $1.0 : 1.3$ 程度である。そして、ねじ山のピッチ P_i に対する歯厚 t_h の割合は $1.0 : 0.7$ 程度である。

【 0 0 3 9 】

ウォーム 4 7 は金属製品であるから剛性が大きく弾性変形し難い。これに対して、ウォームホイール 4 8 は樹脂製品であるから比較的剛性が小さく、ウォーム 4 7 よりも弾性変形し易い。歯厚 t_h を大きく設定することで、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の弾性変形を抑制することができる。すなわち、金属製品のウォーム 4 7 に比べて、比較的剛性が小さい樹脂製品のウォームホイール 4 8 における歯厚 t_h を大きく設定することで、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の剛性を十分に確保することができる。

【 0 0 4 0 】

図 6 は本発明に係るウォームに対するウォームホイールの噛合い部分の拡大図である。

一般的なウォームギヤ機構は、ウォーム 4 7 の圧力角 α_1 とウォームホイール 4 8 の圧力角 α_2 とが一致する。この場合には、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a が点 A 1 で噛合う。この点 A 1 を通る直径 D

1 a は、ウォーム 4 7 の理論上のピッチ円径（仮想ピッチ円径）である。

【 0 0 4 1 】

これに対して、本発明のウォームギヤ機構 4 4 は、ウォーム 4 7 の圧力角 $\alpha 1$ をウォームホイール 4 8 の圧力角 $\alpha 2$ よりも大きく設定したことを特徴とする。この場合には、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a が点 A 2 で噛合う。点 A 2 は、ウォーム 4 7 の中心 C L に対して点 A 1 よりも接近した点である。すなわち、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a の歯底近くの位置に、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の歯先近くの位置が噛合う。この点 A 2 を通る直径 D 1 b は、ウォーム 4 7 の実際のピッチ円径であり、理論上のピッチ円径 D 1 a よりも小さい ($D 1 a > D 1 b$)。

【 0 0 4 2 】

ところでウォームギヤ機構 4 4 は、ウォーム 4 7 のねじ山の進み角を、ねじ面の摩擦角よりも若干大きく設定してある。このため、ウォームホイール 4 8 側からウォーム 4 7 を回すことができる。

【 0 0 4 3 】

次に、上記構成の電動パワーステアリング装置 1 0 についての作用を図 1、図 4、図 6 及び図 7 に基づき説明する。

図 1 において、電動モータ 4 3 が補助トルクを発生していないとき（停止中など）には、操舵トルクだけで操舵車輪 3 1、3 1 を自由に操舵することができる。同時に、図 4 に示すように、操舵トルクによってピニオン軸 2 4、ウォームホイール 4 8、ウォーム 4 7 及びウォーム軸 4 6 を介し、電動モータ 1 0 4 のロータ（図示せず）を回すことになる。

【 0 0 4 4 】

図 7 (a)、(b) は本発明に係るウォームギヤ機構の作用図である。

(a) は、操舵トルクによってウォームホイール 4 8 を回すことで、ウォームホイール 4 8 からウォーム 4 7 に軸方向の力 F 2（ウォームホイール 4 8 のピッチ円方向の力 F 2、すなわち、ウォームホイール 4 8 の回転力 F 2）が作用したことを示す。

【 0 0 4 5 】

停止中の電動モータ 4 3（図 1 参照）のロータをステアリングハンドル 2 1（図 1 参照）で回す場合に、ロータを回すトルクを $T a$ としたとき、ウォーム 4 7 のピッチ円方向の力 $F 1$ 、すなわちウォーム 4 7 の回転力 $F 1$ はウォーム 4 7 のピッチ円径に反比例する。

【0 0 4 6】

ところで、ウォームホイール 4 8 によってウォーム 4 7 を回す場合、ウォーム 4 7 の回転力 $F 1$ とウォームホイール 4 8 の回転力 $F 2$ の関係を、次の一般式（1）で求めることができる。なお、ウォーム 4 7 のピッチ点における進み角を γ とし、ねじ面の摩擦角を ρ とする。

$$F 1 = F 2 \times \tan (\gamma - \rho) \quad \cdots \cdots (1)$$

【0 0 4 7】

式（1）によれば、ねじ面の摩擦角 ρ はウォームホイール 4 8 の回転力 $F 2$ に影響を及ぼすことが判る。摩擦角 ρ は、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の、滑り面間の摩擦係数に基づく。摩擦係数は、ウォーム 4 7 並びにウォームホイール 4 8 の加工精度、例えば滑り面の仕上がり荒さのむら（斑）等によって影響される。

例えば、ウォームホイール 4 8 を回転させたときに、その回転角毎に摩擦力が異なる場合には、これに応じて回転力 $F 2$ が変動する。回転力 $F 2$ の変動は操舵トルクに影響を及ぼすので、できるだけ小さいことが好ましい。

【0 0 4 8】

これに対して本発明は、上記図 6 に示すように、ウォーム 4 7 の圧力角 $\alpha 1$ をウォームホイール 4 8 の圧力角 $\alpha 2$ よりも大きく設定したものである。このため図 7（a）に示すように、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a が点 A 2 で噛合っている。従って、点 A 2 に作用したウォームホイール 4 8 の回転力 $F 2$ により、ウォーム 4 7 は回転する。

【0 0 4 9】

ところで、実線で示すウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a は、回転力 $F 2$ の反力によって、想像線で示すように歯厚方向へ歯 4 7 a から離れるように、極く僅かに弾性変形する。この結果、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対するウォームホイール

4 8 の歯 4 8 a の噛合い位置が、ウォーム 4 7 の径外方へ若干変化する。このように変化した状態を図 7 (b) に示す。

【 0 0 5 0 】

詳しく説明すると、電動モータ 4 3 (図 4 参照) のロータを回すトルク T_a は、ほぼ一定である。ウォーム 4 7 のピッチ円径が D_{1b} であって、このときの進み角が γ であり、ねじ面の摩擦角 ρ が一定であれば、ウォーム 4 7 の回転力 F_1 は一定であり、この結果、ウォームホイール 4 8 の回転力 F_2 も一定である。

【 0 0 5 1 】

一方、ウォームホイール 4 8 を回転させたときに、その回転角毎に滑り面の仕上がり荒さのむらによって、摩擦係数が異なる場合には、これに応じてねじ面の摩擦角 ρ は変動する。摩擦角 ρ に応じて回転力 F_2 も変動しようとする。回転力 F_2 が増大すると、これに対応してウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の弾性変形量が増大する。このため、ウォーム 4 7 の歯 4 7 a に対するウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a の噛合い位置は、ウォーム 4 7 の径外方に変位する。

【 0 0 5 2 】

ここで、回転力 F_2 の大きさに応じて、噛合い位置が点 A 2 からウォーム 4 7 の径外方の点 A 1 まで変位し、この点 A 1 で噛合い位置が安定したことを考える。噛合い位置が変位することで、回転力 F_2 の作用点も点 A 2 から点 A 1 に変位する。

なお、ウォーム 4 7 のピッチ円径が D_{1b} から D_{1a} まで変化する変化量に対して、進み角 γ の変化量は極く微小である。このため上記式 (1) では、進み角 γ の変化については無視しても実質的に差し支えない。

【 0 0 5 3 】

点 A 2 を通るピッチ円径 D_{1b} に対して、点 A 1 を通るピッチ円径 D_{1a} は大きい。上述のように、ウォーム 4 7 の回転力 F_1 はウォーム 4 7 のピッチ円径に反比例する。ウォーム 4 7 のピッチ円径が D_{1b} から D_{1a} へ大きくなった分、回転力 F_1 は減少する。そして、摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォーム 4 7 の回転力 F_1 の減少分で補正する。このため、ウォームホイール 4 8 の回転力 F_2 は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。従って、回転力 F_2 の変動量をより

低減することができる。この結果、操舵トルクの変動量を低減することができる。

【 0 0 5 4 】

以上の説明をまとめると、ウォーム 4 7 の圧力角 $\alpha 1$ をウォームホイール 4 8 の圧力角 $\alpha 2$ よりも大きく設定することによって、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の噛合い位置を、ウォーム 4 7 の径内方に（点 A 1 から点 A 2 に）ずらすことができる。この結果、ウォーム 4 7 にウォームホイール 4 8 を噛合わせたときの、ウォーム 4 7 の実際の噛合いピッチ円径を、D 1 a から D 1 b に小さくすることができる。

【 0 0 5 5 】

ここで、電動モータ 4 3 が補助トルクを発生していない場合（停止中など）で、電動モータ 4 3 を操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォーム 4 7 で電動モータ 4 3 を回すトルク T a は、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイール 4 8 に余分な回転力が加わる。

【 0 0 5 6 】

余分な回転力に応じて、ウォームホイール 4 8 の歯 4 8 a は若干の弾性変形をする。このため、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4 8 の噛合い位置は、ウォーム 4 7 の径外方に（点 A 2 から点 A 1 に）変位する。この結果、ウォーム 4 7 の実際の噛合いピッチ円径は、D 1 b から D 1 a に大きくなる。その分、ウォーム 4 7 の回転力 F 1 が減少する。

【 0 0 5 7 】

このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォーム 4 7 の回転力 F 1 の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイール 4 8 の回転力 F 2 は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。従って、ウォームホイール 4 8 の回転力 F 2 は、ほとんど変化しないことになる。

【 0 0 5 8 】

このように、加工精度等によって、ウォーム 4 7 に対するウォームホイール 4

8の滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイール48の回転力F2の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドル21を円滑に操舵することができる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

【0059】

しかも、ウォーム47に対するウォームホイール48の摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム47並びにウォームホイール48の加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置10のコストを抑制することができる。

【0060】

さらには、ウォーム47の圧力角 $\alpha 1$ をウォームホイール48の圧力角 $\alpha 2$ よりも大きく設定したので、ウォーム47にウォームホイール48を噛合させたときの、ウォーム47の実際の噛合いピッチ円径を、D1aからD1bに小さくすることができる。その分、ウォーム47の進み角 γ は大きくなる。

【0061】

ウォーム47によってウォームホイール48を回す場合の伝動効率 η は、次の一般式(2)で求めることができる。なお、ウォーム47のピッチ点における進み角を γ とし、ねじ面の摩擦角を ρ とする。

$$\eta = \tan \gamma / \tan (\gamma + \rho) \quad \cdots \cdots (2)$$

式(2)によれば、進み角 γ が大きくなった分だけ伝動効率 η を高めることができることが判る。

【0062】

【発明の効果】

本発明は上記構成により次の効果を発揮する。

請求項1は、ウォームのねじ山を1条に設定したので、ねじ山のピッチの精度を極めて容易に高めることができる。そして、従来の複数条にした場合のように、各ねじ山同士のピッチの精度を均一にする必要もない。従って、ウォームに対するウォームホイールの、滑り面間の摩擦力の変動による操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルをより円滑に操舵することが

できる。この結果、操舵感覚をより高めることができる。

【 0 0 6 3 】

請求項 2 は、金属製品のウォームに樹脂製品のウォームホイールを噛合わせるようにしたので、噛合いを比較的円滑にすることができ、騒音をより低減させることができる。さらには、金属製品のウォームに比べて、比較的剛性が小さい樹脂製品のウォームホイールにおける歯厚を大きく設定することで、ウォームホイールの歯の剛性を十分に確保することができる。

【 0 0 6 4 】

請求項 3 は、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定することによって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置を、ウォームの径内方にずらすことができる。この結果、ウォームにウォームホイールを噛合わせたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。

【 0 0 6 5 】

ここで、電動モータを操舵トルクで回したときのことを考える。なお、ウォームで電動モータを回すトルクは、ほぼ一定である。

加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの噛合い抵抗、すなわち、滑り面間の摩擦力が増すと、その分だけウォームホイールに余分な回転力が加わる。余分な回転力に応じて、ウォームホイールの歯は若干の弾性変形をする。このため、ウォームに対するウォームホイールの噛合い位置は、ウォームの径外方に変位する。この結果、ウォームの実際の噛合いピッチ円径は大きくなる。その分、ウォームの回転力が減少する。このようにして、滑り面間の摩擦力の増加による余分な回転力を、ウォームの回転力の減少分で補正することができる。このため、ウォームホイールの回転力は、ほぼ元の大きさに速やかに戻る。

【 0 0 6 6 】

このように、加工精度等によって、ウォームに対するウォームホイールの滑り面間の摩擦力に変動が生じた場合に、ウォームホイールの回転力の変動量をより低減させることができる。このため、操舵トルクの変動量を低減することができるので、ステアリングハンドルを円滑に操舵することができる。この結果、操舵

感覚をより高めることができる。

【 0 0 6 7 】

しかも、ウォームに対するウォームホイールの摩擦力の変動量を低減させるために、ウォーム並びにウォームホイールの加工精度や組立精度を高める必要はない。従って、これらの精度を高めるための管理工数が不要であり、電動パワーステアリング装置のコストを抑制することができる。

【 0 0 6 8 】

さらには、ウォームの圧力角をウォームホイールの圧力角よりも大きく設定したので、ウォームにウォームホイールを噛ませたときの、ウォームの実際の噛合いピッチ円径を、小さくすることができる。その分、ウォームの進み角は大きくなる。従って、ウォームによってウォームホイールを回す場合の伝動効率を、進み角が大きくなった分だけ高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の模式図

【図 2】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の正面図

【図 3】

図 2 の 3 - 3 線断面図

【図 4】

図 3 の 4 - 4 線断面図

【図 5】

本発明に係るウォームギヤ機構の要部拡大図

【図 6】

本発明に係るウォームに対するウォームホイールの噛合い部分の拡大図

【図 7】

本発明に係るウォームギヤ機構の作用図

【図 8】

従来の電動パワーステアリング装置の概要図

【図 9】

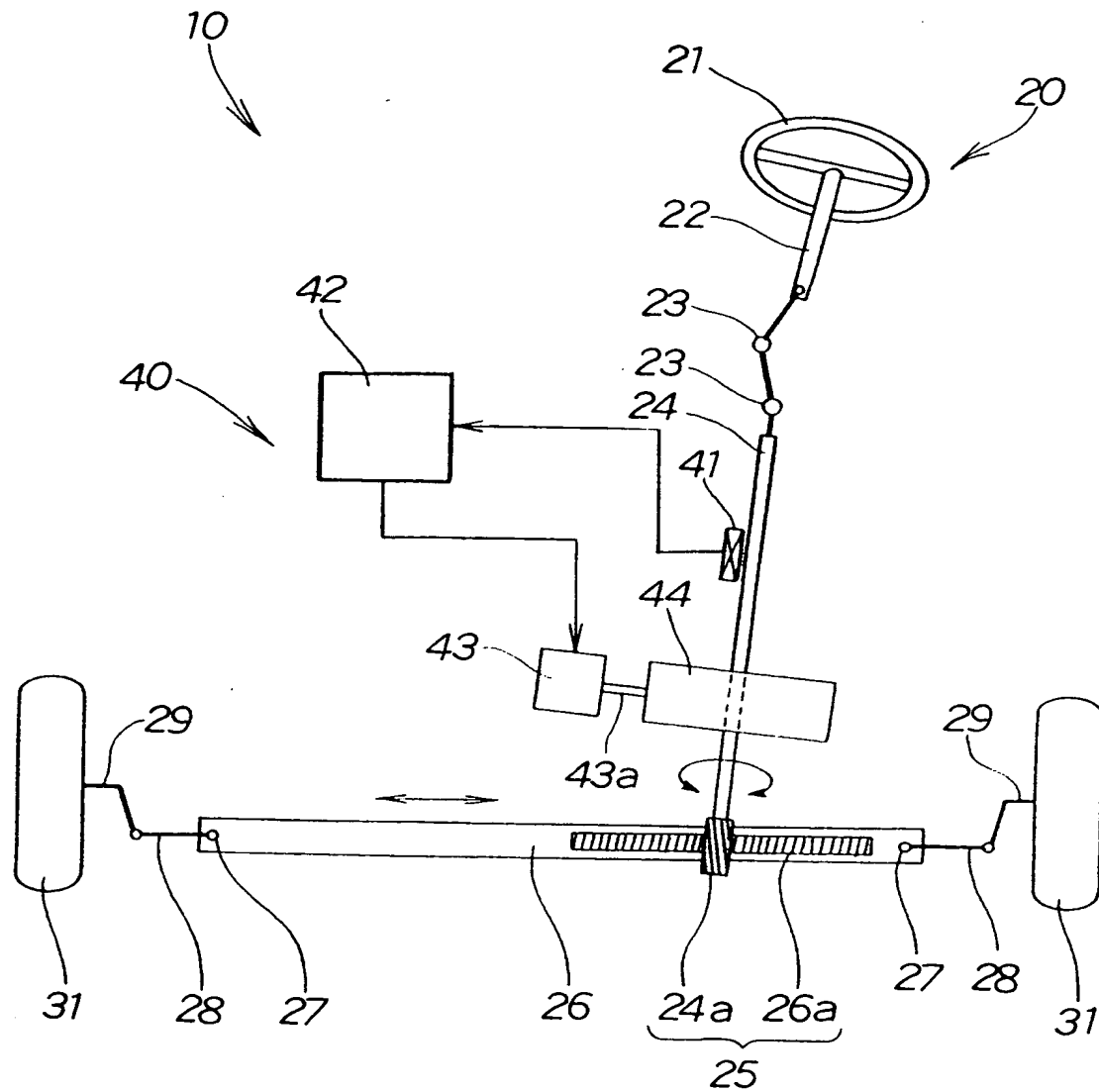
従来のウォームギヤ機構の概要図

【符号の説明】

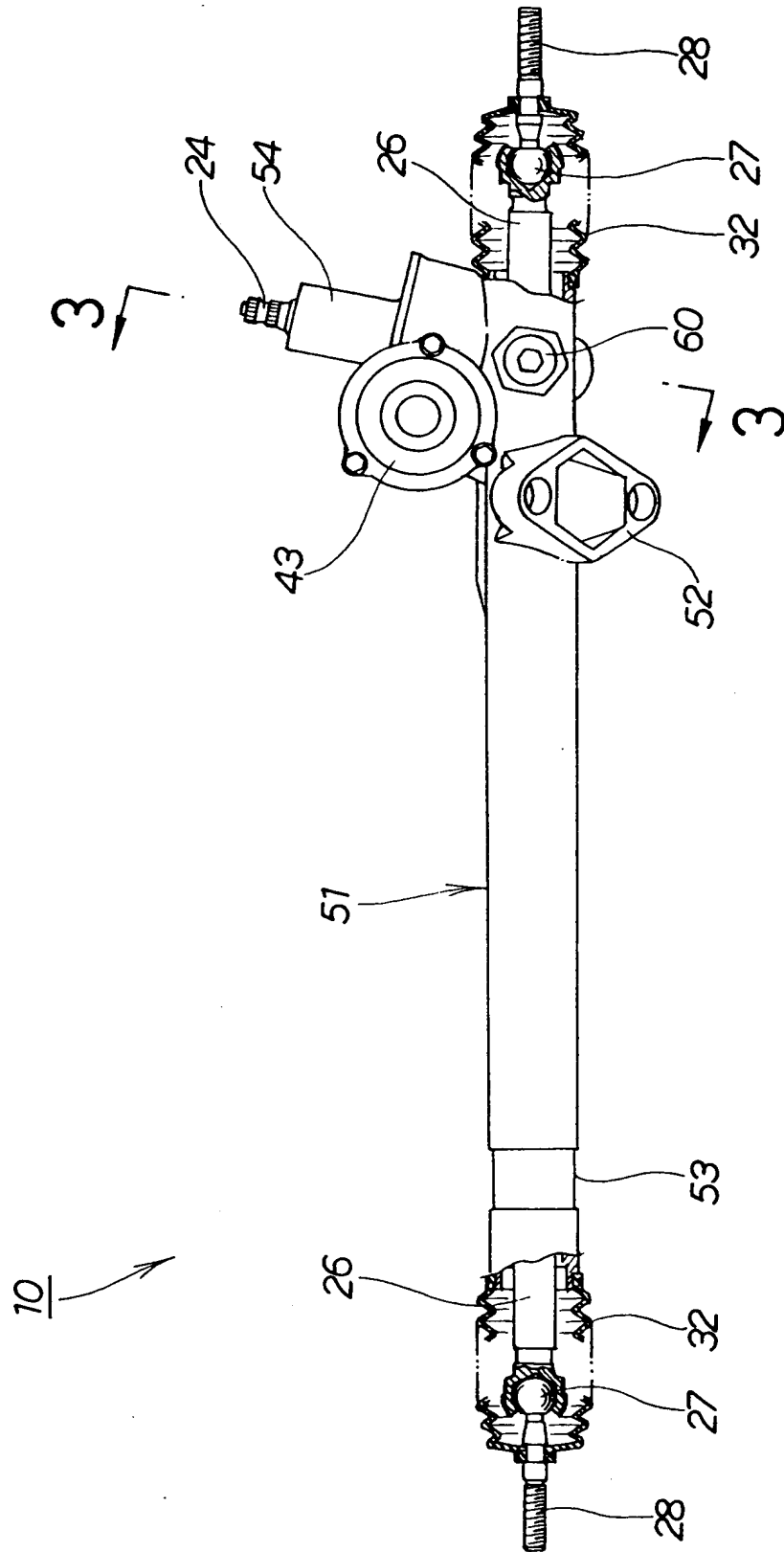
1 0 …電動パワーステアリング装置、2 0 …ステアリング系、4 3 …電動モータ、4 4 …ウォームギヤ機構、4 7 …ウォーム、4 8 …ウォームホイール。

【書類名】 図面

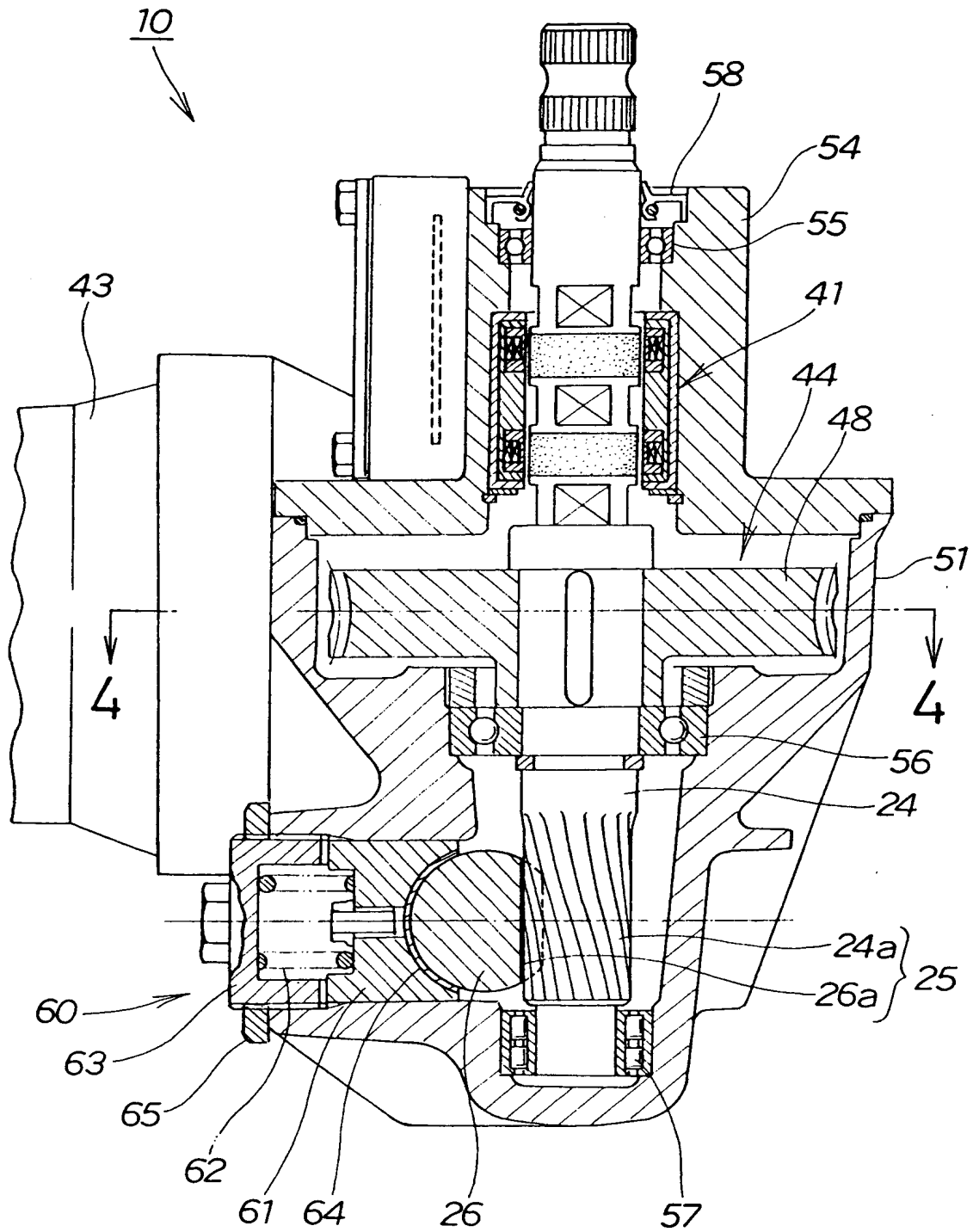
【図 1】



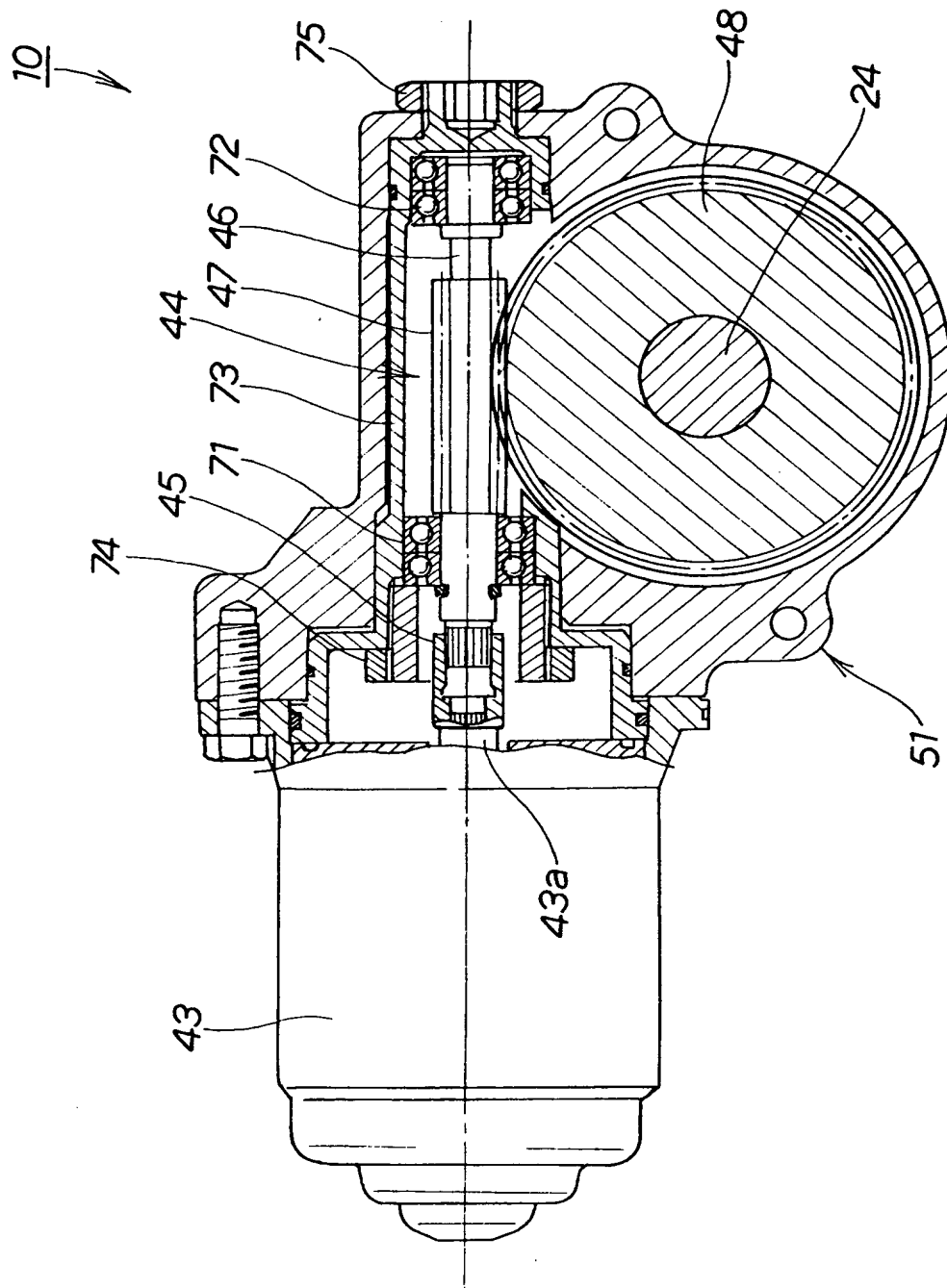
【図 2】



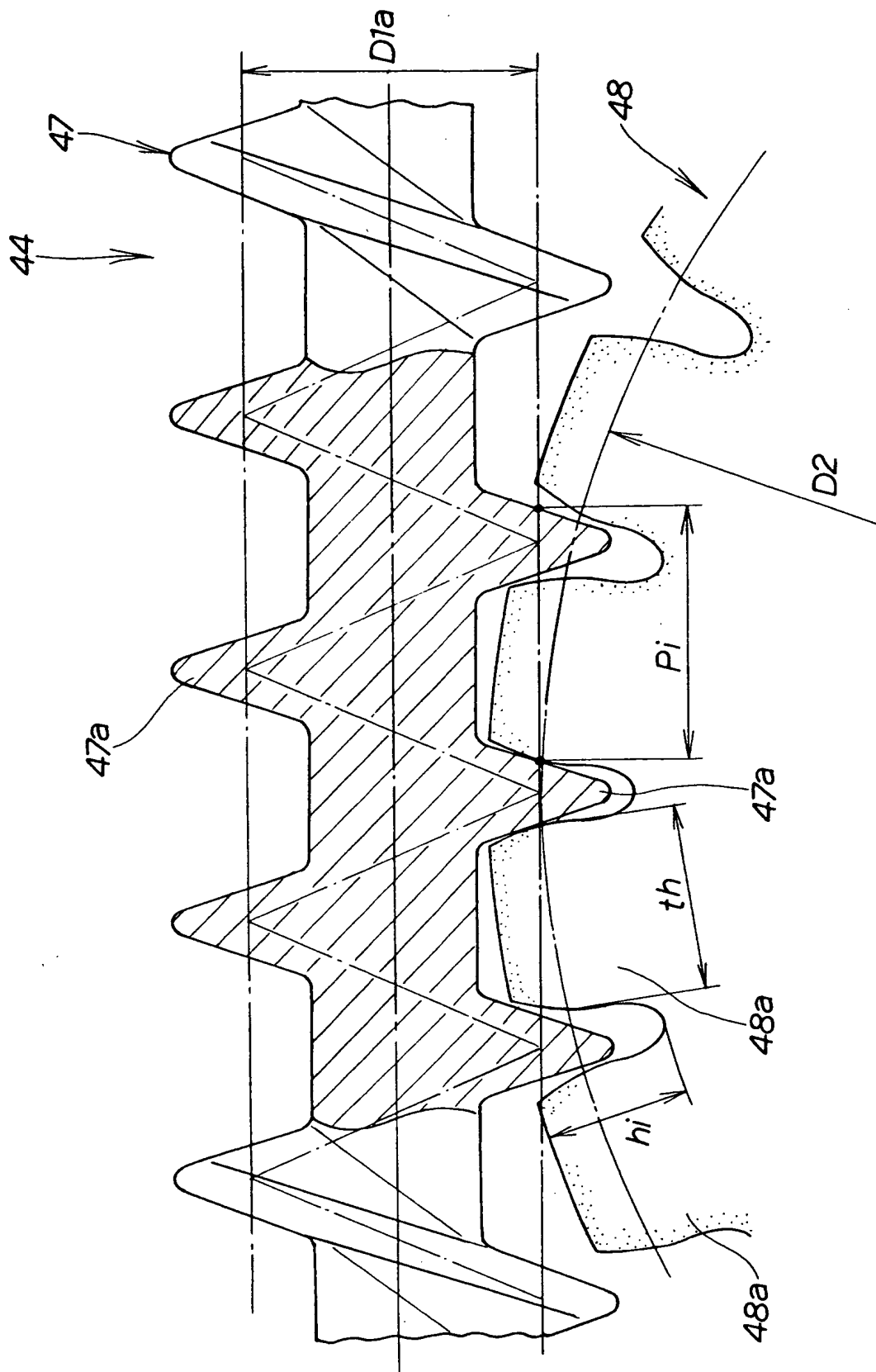
【図 3】



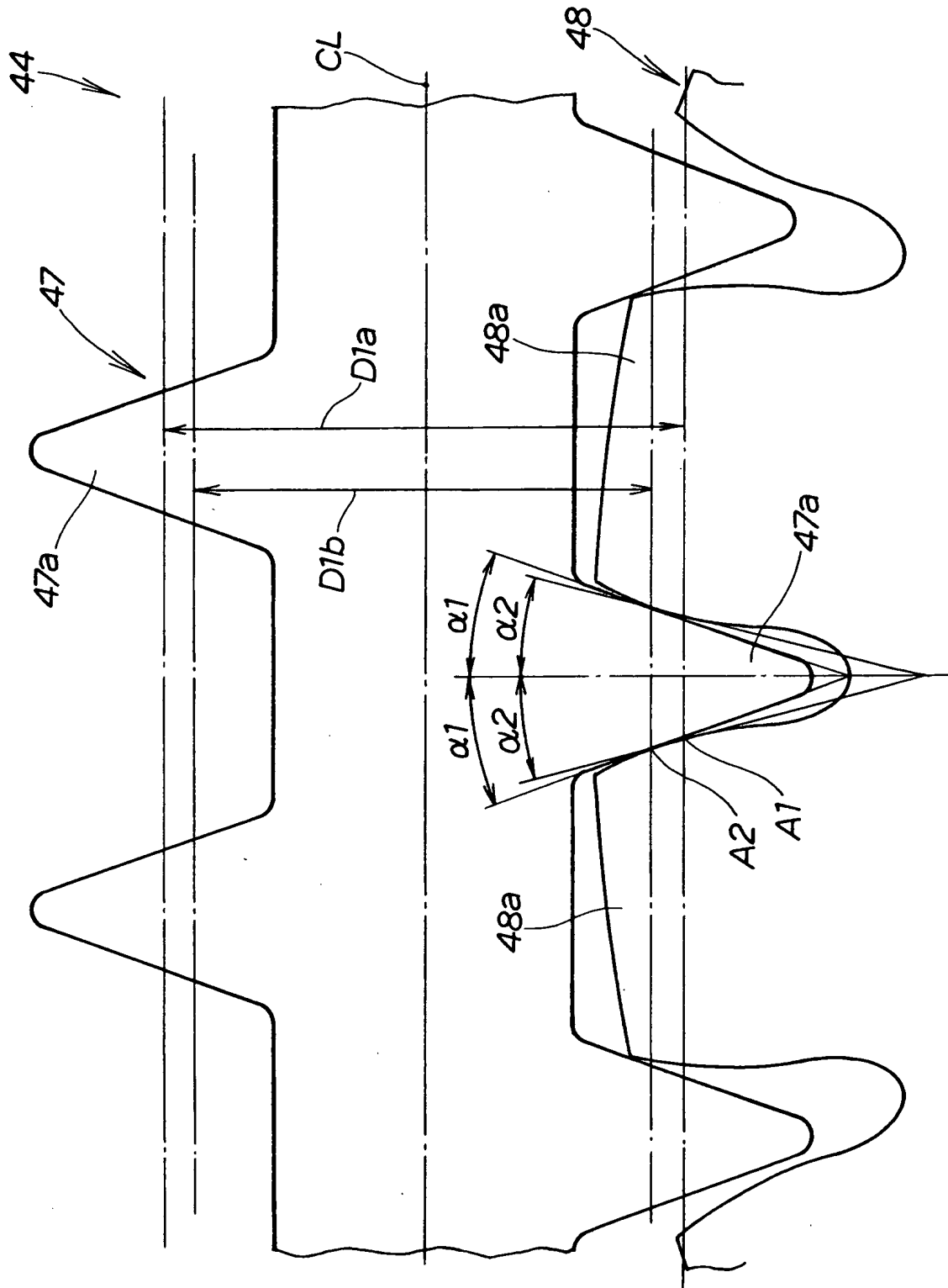
【図 4】



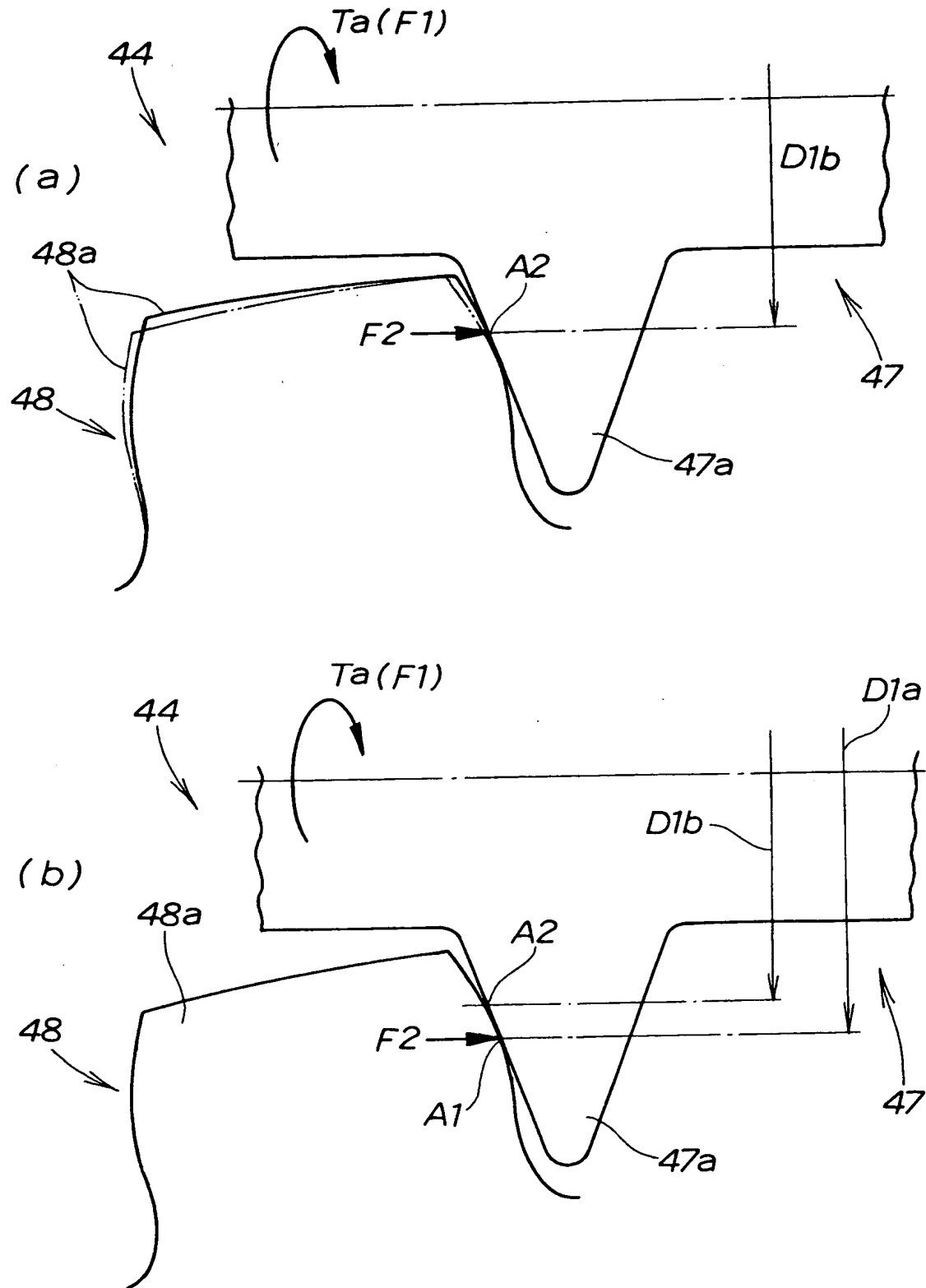
【図 5】



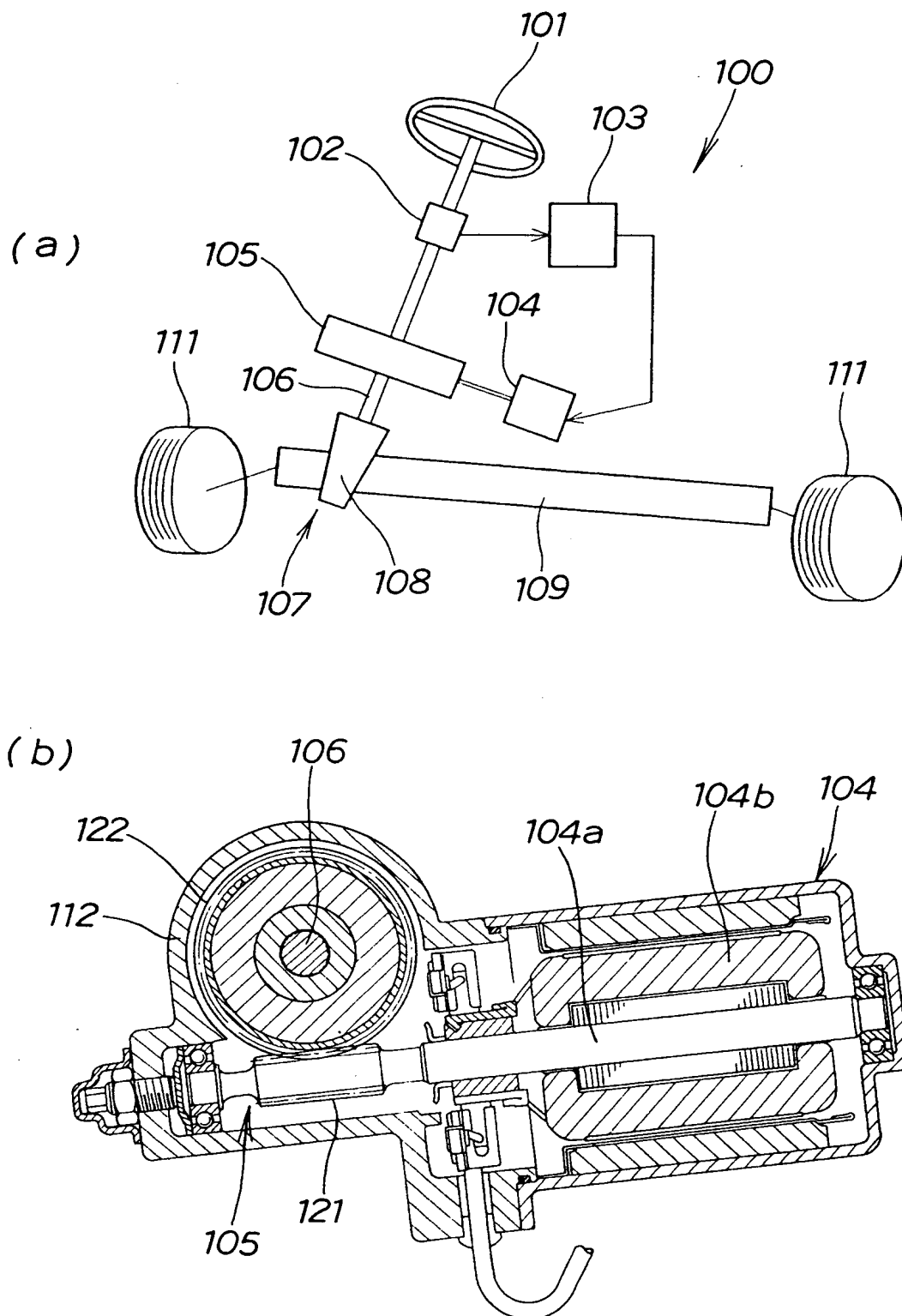
【図 6】



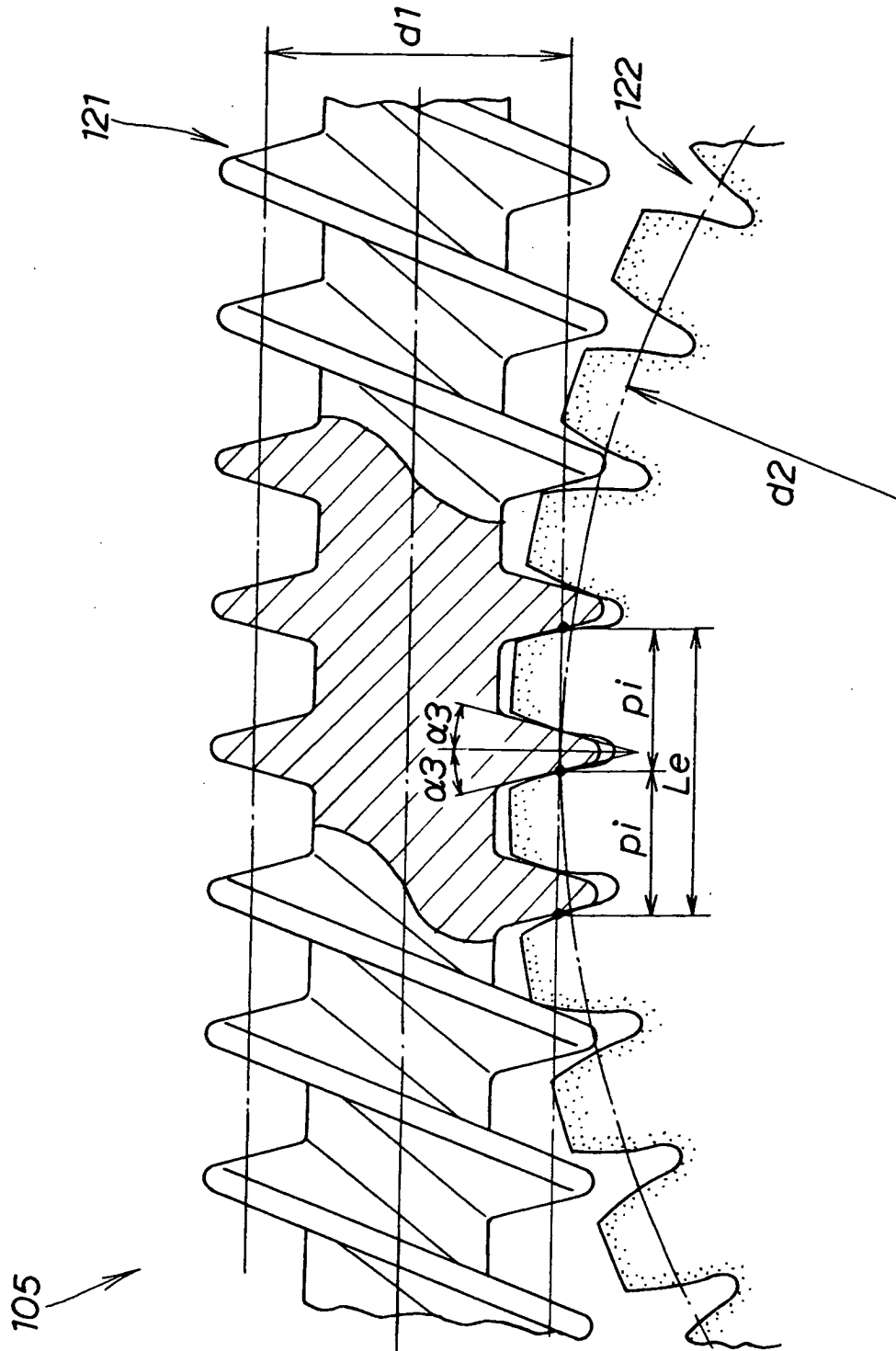
【図 7】



【図 8】



【图 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置におけるウォームギヤ機構の、噛合い抵抗の変動による操舵トルクの変動量を低減することで、操舵感覚をより高めること。

【解決手段】 電動パワーステアリング装置は、電動モータでステアリング系の操舵トルクに応じた補助トルクを発生し、この補助トルクをウォームギヤ機構 4 4 を介してステアリング系に伝達するようにしたものである。ウォームギヤ機構は、電動モータ側のウォーム 4 7 にステアリング系側のウォームホイール 4 8 を噛合わせてなる。ウォームは、ねじ山を 1 条ねじとした金属製品である。ウォームホイールは、歯厚 t_h が歯たけ h_i よりも大きく設定された、樹脂製品である。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号

氏 名 本田技研工業株式会社